

REC'D 17 JUN 2003

WIPO PCT



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Aktenzeichen:** 102 13 277.1

**Anmeldetag:** 25. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** EPCOS AG, München/DE

**Bezeichnung:** Multiport-Resonatorfilter

**IPC:** H 03 H 9/64

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. April 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

## Beschreibung

## Multiport-Resonatorfilter

- 5 Die Erfindung betrifft ein mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, insbesondere ein Filter mit einer Netzwerkstruktur, in die Resonatoren eingebettet sind.

10 Im Frontend von Endgeräten mobiler Kommunikation, beispielsweise in Mobiltelefonen, werden als Bandpassfilter im HF-Bereich heute überwiegend SAW-Filter eingesetzt. Diese sind im wesentlichen als Reaktanz- oder DMS-Filter ausgebildet.

15 Bekannt sind auch Verschaltungen von DMS-Filtern mit Reaktanzelementen, insbesondere mit in SAW-Technik ausgeführten Eintor-Resonatoren. So ist beispielsweise aus der DE 198 18 038 A ein DMS-Filter bekannt, bei dem zwei seriell oder parallel verschaltete DMS-Filter in Serie ein- oder ausgangsseitig mit Reaktanzelementen verschaltet sind. Außerdem wird  
20 dort vorgeschlagen, beide DMS-Filter innerhalb einer akustischen Spur anzuordnen und zwei benachbarte DMS-Filter durch dazwischenliegende Reflektoren zu trennen.

Weitere bekannte Filter sind auch Zweitorresonatoren, die wegen ihrer schmalbandigen Übertragungseigenschaften aber nur selten im HF-Bereich angewendet werden können.

Je nach gewünschtem Eigenschaftsprofil kann eine der Techniken bevorzugt sein. Beispielsweise werden bei eng benachbarten Frequenzbändern zur Selektion höhere Anforderungen an die  
30 Flankensteilheit derjenigen Passbandflanke gestellt, die zum jeweils benachbarten Frequenzband abgrenzt. Unterschiedliche Flanken können unterschiedliche Techniken bevorzugen. Reaktanzfilter zeichnen sich zusätzlich durch höhere Leistungs-  
35 festigkeit aus. Ein gewünschtes anspruchsvolles Eigenschaftsprofil für ein HF-Filter insbesondere für neue Übertragungstechniken, kann oft mit bekannten "reinen" Techniken nicht

mehr realisiert werden. So tritt beispielsweise bei Reaktanz-  
filtern im Durchlaßbereich ein unerwünschtes "Ripple" auf,  
das von der endlichen Länge des Serienresonators herrührt.  
Ebenso ist aufgrund der endlichen Länge der bei Reaktanzfil-  
5 tern verwendeten Resonatoren die Einfügedämpfung erhöht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, neue Struk-  
turen für solche mit oberflächennahen akustischen Wellen ar-  
beitende Bauelemente anzugeben, die Strukturmerkmale unter-  
10 schiedlicher Techniken aufweisen und dadurch Eigenschaften  
der unterschiedlichen Filtertechniken kombinieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Bauelement nach  
Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung  
15 sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung schlägt vor, auf der Oberfläche eines piezo-  
elektrischen Substrats zwischen Reflektoren angeordnete,  
elektrisch miteinander verschaltete Interdigitalwandler auch  
20 akustisch miteinander zu verschalten. Dazu werden entweder in  
einem seriellen Zweig, der den Eingang und den Ausgang des  
Bauelements miteinander verbindet, zumindest zwei serielle  
Interdigitalwandler elektrisch in Serie geschaltet und aku-  
stisch gekoppelt, oder es werden die Interdigitalwandler von  
zumindest zwei parallelen Zweigen, die parallel zu einem se-  
riellen Zweig verlaufen, in dem ein oder mehrere Interdigi-  
talwandler angeordnet sind, akustisch gekoppelt. Die akusti-  
sche Kopplung der Interdigitalwandler geschieht durch eine  
in-line Anordnung innerhalb einer akustischen Spur.

30

Durch die elektrische Verschaltung der seriellen und paralle-  
len Interdigitalwandler wird eine, was die elektrische Ver-  
schaltung betrifft, einem Reaktanzfilter ähnliche Struktur  
erhalten. Im Unterschied zu bekannten Filtern dieser Art sind  
35 jedoch zumindest zwei der Interdigitalwandler akustisch mit-  
einander gekoppelt. Über diese Kopplung werden neue Eigen-  
schaften des Bauelements realisiert und lassen sich, wie noch

ausgeführt wird, über das einstellbare Maß der Kopplung weiter variieren und optimieren.

Die beiden akustisch miteinander gekoppelten Interdigitalwandler können die beiden seriellen Interdigitalwandler sein. Möglich ist es jedoch auch, zusätzlich oder alternativ zumindest zwei parallele Zweige vorzusehen, in denen je zumindest ein paralleler Interdigitalwandler angeordnet ist, wobei zwei der parallelen Interdigitalwandler akustisch miteinander gekoppelt sind.

Zwei akustisch miteinander gekoppelte Interdigitalwandler können direkt nebeneinander in einer akustischen Spur angeordnet sein. Die akustische Spur ist dabei vorteilhafterweise beiderseits von je einem Reflektor begrenzt, welcher jeweils ein regelmäßiges Streifenmuster von Reflektorstreifen umfaßt. Die Reflexionswirkung eines Reflektors ist dabei neben dem gewählten Substratmaterial von der Höhe, Breite und insbesondere von der Anzahl der Reflektorstreifen abhängig. Die Frequenzabhängigkeit des Reflektors wird durch den Abstand der Reflektorstreifen bestimmt, die sogenannte Fingerperiode, die entsprechend der Fingerperiode des oder der Interdigitalwandler gewählt wird. Die Anzahl der Reflektorstreifen in den Reflektoren ist vorzugsweise so hoch, daß im Durchlaßbereich des insbesondere als Filter ausgebildeten Bauelements nahezu vollständige Reflexion der akustischen Welle am Reflektor erfolgt. Ein beiderseits von Reflektoren begrenzter Interdigitalwandler stellt dann einen Resonator dar. Sind zwei Interdigitalwandler nebeneinander angeordnet und beiderseits von Reflektoren begrenzt, so erhält man einen Zweitorresonator mit zwei elektrischen Toren.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird die akustische Kopplung benachbarter Interdigitalwandler durch akustisch teilweise durchlässige Zwischenreflektoren reduziert. Ein solcher Zwischenreflektor besteht aus einer Anzahl von  $n$  Reflektorstreifen, wobei  $n$  so gewählt ist, daß keine vollstän-

dige Reflexion erfolgt und eine akustische Kopplung der durch den Zwischenreflektor getrennten Interdigitalwandler möglich ist. Üblicherweise gilt für  $n$ :  $0 \leq n \leq 100$ . Mit größer werdendem  $n$  wird die akustische Kopplung der durch den Zwischenreflektor getrennten Interdigitalwandler reduziert. Über eine geeignete Bemessung der Zahl  $n$  können damit die Eigenschaften der gekoppelten Interdigitalwandler und damit die Eigenschaften des gesamten Bauelements beeinflusst bzw. eingestellt werden, wobei im Grenzfall  $n = 0$  kein Zwischenreflektor vorgesehen ist und die gekoppelten Interdigitalwandler einander direkt benachbart sind, wobei maximale Kopplung erhalten wird. Wird  $n$  von geradzahlig auf ungeradzahlig geändert, kann darüber hinaus die Phase der Kopplung um  $180^\circ$  variiert werden.

Eine Feinabstimmung der Phase der akustischen Kopplung kann durch eine Variation des Abstands der Interdigitalwandler untereinander oder zwischen den Interdigitalwandlern und den Reflektoren erfolgen. Insbesondere können durch eine Variation des Abstands auch zusätzliche Resonanzen erzeugt werden, die ähnlich wie bei einem DMS Filter zur Formung der Filterübertragungsfunktion und der Flanken herangezogen werden können.

In einer Weiterbildung der Erfindung können die beschriebenen einfachen Ausführungen der Erfindung um beliebige weitere Elemente, insbesondere um zusätzliche Interdigitalwandler, erweitert werden. So ist es möglich, im seriellen Arm zumindest einen weiteren seriellen Interdigitalwandler anzuordnen. Dieser kann mit einem der zumindest zwei bestehenden Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sein. Möglich ist es jedoch auch, im seriellen Arm einen kompletten Eintorresonator, also einen beiderseits von Reflektoren begrenzten Interdigitalwandler zu verschalten. Zusätzliche akustisch nicht gekoppelte Interdigitalwandler im seriellen Arm können, müssen aber nicht, in-line zu den bestehenden seriellen Interdigitalwandlern angeordnet werden.

Weiterhin ist es möglich, das Bauelement um einen oder mehrere zusätzliche parallele Arme mit jeweils zumindest einem Interdigitalwandler zu erweitern. Auch hier ist es möglich, die zusätzlichen parallelen Interdigitalwandler mit bestehenden parallelen Interdigitalwandlern akustisch zu koppeln. Zwei zusätzlich eingeführte parallele Interdigitalwandler können auch akustisch gekoppelt sein, von den übrigen aber akustisch getrennt sein. Möglich ist es jedoch auch, sämtliche Interdigitalwandler eines Typs (seriell oder parallel) akustisch miteinander zu koppeln. Innerhalb eines Typs von Interdigitalwandlern können aber auch gekoppelte und ungekoppelte Interdigitalwandler nebeneinander vorliegen.

Sämtliche Parallelzweige verbinden den seriellen Zweig mit einem Bezugspotential. Dabei ist es möglich, die Zusammenführung mehrerer Parallelzweige auf einer Zwischenstufe vor der endgültigen Verbindung mit dem Bezugspotential (Masse) vorzunehmen. Jeder parallele Zweig mit zumindest einem parallelen Interdigitalwandler kann noch weitere Interdigitalwandler aufweisen, die beispielsweise mit dem ersten parallelen Interdigitalwandler in Serie geschaltet sind.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung betrifft die Hintereinanderschaltung mehrerer einfacher Grundelemente, indem einfach die beiden seriellen Arme von zwei oder mehr Grundelementen miteinander verbunden werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein in einem parallelen Arm angeordneter paralleler Interdigitalwandler Teil eines DMS-Filters. Ein solcher ist beispielsweise aus drei Interdigitalwandlern ausgebildet, die zwischen zwei Reflektoren angeordnet sind. Durch geeignet gewählte Abstände der Interdigitalwandler weist ein solches DMS-Filter zwei Resonanzpole auf. Der parallele Arm ist beispielsweise mit dem mittleren Interdigitalwandler eines DMS-Filters verbunden, welcher in Reihe mit den beiden benachbarten äußeren Interdigitalwandlern geschaltet ist. Die beiden äußeren Interdigi-

talwandler werden anschließend über die entgegengesetzte Stromschiene mit Bezugspotential bzw. Masse verbunden.

Möglich ist es auch, DMS-Strukturen im seriellen Zweig vorzu-  
5 sehen, wobei zwei oder mehr Interdigitalwandler seriell miteinander verbunden sein können. Die üblicherweise für Masseanbindung vorgesehenen Stromschienen können dabei über einen parallelen Arm mit einem parallelen Interdigitalwandler mit dem Bezugspotential verbunden sein.

10 Zwei akustisch miteinander gekoppelte Interdigitalwandler weisen vorzugsweise die gleiche Fingerperiode auf, so daß deren zwischen den Fingermitten benachbarter Elektrodenfinger bemessener Fingerabstand einheitlich und gleich ist. Möglich  
15 ist es jedoch auch, die miteinander gekoppelten Interdigitalwandler mit unterschiedlicher Fingerperiode zu versehen. Weiterhin ist es möglich, die akustisch miteinander gekoppelten Interdigitalwandler gegeneinander zu verschieben, wobei eine DMS-Filtern ähnliche Struktur erhalten wird. Die Interdigital-  
20 talwandler werden so gegeneinander verschoben, daß die Phase der akustischen Kopplung zwischen beiden Interdigitalwandler einen Unterschied  $\Delta\varphi$  aufweist mit  $-90^\circ < \Delta\varphi < 90^\circ$ .

Die Interdigitalwandler können mit gleicher Fingerperiode auch so um einen Betrag  $\Delta x$  gegeneinander verschoben werden, daß gilt  $-0,25 < \Delta x/\lambda < 0,25$ , wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements, insbesondere des Filters ist.

30 Erfindungsgemäße Bauelemente haben von der elektrischen Verschaltung her eine Reaktanzfiltern ähnliche Struktur, arbeiten aber aufgrund der akustischen Verkopplung der Interdigitalwandler anders. Dennoch ist es von Vorteil, die von der Fingerperiode abhängigen Resonanzfrequenzen von seriellen und  
35 parallelen Interdigitalwandlern gegeneinander zu verschieben. Jeder Interdigitalwandler weist eine Resonanzfrequenz mit minimaler Impedanz (Nullstelle) und eine Antiresonanzfrequenz

mit maximaler Impedanz (Polstelle) auf. Die Antiresonanzfrequenz liegt dabei oberhalb der Resonanzfrequenz. Die Resonanzfrequenz der seriellen Interdigitalwandler wird so gewählt, daß sie ungefähr bei der Antiresonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler liegt. Die untere Flanke des Durchlaßbereichs (Passband) wird dann von der Lage der Resonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler, die obere Flanke des Durchlaßbereichs von der Antiresonanz der seriellen Interdigitalwandler bestimmt. Zur Verbreiterung des Durchlaßbereichs ist es möglich, die Resonanzfrequenz der seriellen Interdigitalwandler oberhalb der Antiresonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler zu wählen. Der Abstand kann maximal so groß gewählt werden, daß noch eine optimale Durchlässigkeit bei noch tolerierbarem Ripple im Durchlaßbereich gewährleistet ist.

Es können in einem Zweig (seriell oder parallel) die Interdigitalwandler um einen geringen Betrag gegeneinander verstimmt werden. Die Verstimmung sollte dabei vorzugsweise maximal 1 % betragen.

Möglich ist es auch, die Interdigitalwandler in beiden Typen von Zweigen gegeneinander zu verstimmen.

Die elektrischen Verbindungen zwischen den Interdigitalwandlern können als normale Leiterbahnen auf dem piezoelektrischen Substrat ausgebildet werden. Möglich ist es jedoch auch, zumindest einen Teil der elektrischen Verbindungen zwischen den Interdigitalwandlern, zwischen den Interdigitalwandlern und Ein- oder Ausgang oder zwischen den Interdigitalwandlern und dem Bezugspotential als diskrete Elemente zu realisieren. Solchen diskreten Elemente können z.B. Kondensatoren, Verzögerungsleitungen, Widerstände, Induktivitäten oder Bonddrähte sein.

in dem können die Interdigitalwandler, die Reflektoren und die sie in der Verschaltung verbindenden leitfähigen Struktura-



ren als metallische Strukturen ausgebildet sein und aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder Mehrschichtstrukturen bestehen, wobei die Einzelschichten der Mehrschichtstruktur eine oder mehrere Schichten aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder weiteren Metallen wie Cu, Zr, Mg, Ti oder Sc umfassen. Über den metallischen Strukturen können Passivierungsschichten vorgesehen sein, aus chemisch inerten und insbesondere harten Materialien wie Oxiden, Nitriden, Carbiden und ähnlichen Metallverbindungen.

Die Schichtdicken  $h$  der metallischen Strukturen werden vorzugsweise im Bereich von  $1\% < h/\lambda < 15\%$  ausgewählt.

Eine weitere Variation erfindungsgemäßer Bauelemente besteht darin, die Fingerperiode einzelner Interdigitalwandler über deren Länge gesehen zu variieren. Ebenso kann innerhalb eines Interdigitalwandlers das Metallisierungsverhältnis, also das Verhältnis von Fingerbreite zu Fingerperiode über die Länge des Wandlers variiert werden. Die Variation sowohl des Metallisierungsverhältnisses als auch der Fingerperiode erfolgt vorzugsweise gemäß einer stetigen Funktion, so daß die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis oder Fingerperiode den konkreten Werten einer periodisch abgetasteten stetigen Funktion entsprechen. Eine solche Funktion kann linear sein, so daß die entsprechenden Werte über die Länge des Wandlers ansteigen. Möglich ist es jedoch auch, die Variation gemäß beliebiger anderer Funktionen vorzunehmen. Vorzugsweise erfolgt die Variation gemäß Funktionen, die im Inneren des Wandlers ein Maximum oder ein Minimum aufweisen.

Von Vorteil ist auch ein Bauelement, bei dem die Position der transversalen Gaps in einem Typ von Interdigitalwandlern, ausgewählt aus seriell und parallel Interdigitalwandlern über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert. Unter transversalem Gap wird dabei der Abstand der Enden der Elektrodenfinger in einem Interdigitalwandler von der gegen-

überliegenden Stromschiene verstanden. Für die Höhe  $g$  der transversalen Gaps kann dabei gelten:  $g \leq \lambda/4$ .

5 Auch die Größe der Gaps kann bei zumindest einem der Interdigitalwandler über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert werden.

10 Unabhängig von Fingerperiode, Fingerabstand, Fingerbreite und Metallisierungsverhältnis in den Interdigitalwandlern und Reflektoren wird in vorteilhafter Weise der Übergang zwischen jeweils zwei innerhalb einer akustischen Spur benachbarten Elementen, ausgewählt aus Interdigitalwandler und Reflektor, quasiperiodisch gestaltet, wie es beispielsweise in der internationalen Anmeldung WO0025423 beschrieben ist, auf die  
15 hier vollinhaltlich Bezug genommen wird.

Sowohl bei konstantem als auch bei variierendem Metallisierungsverhältnis ist dieses vorzugsweise größer als 0,5 und besonders bevorzugt größer 0,6.

20

Für die elektrischen Verbindungen zwischen den Elementen auf dem Substrat, insbesondere zwischen den Interdigitalwandlern gilt, daß sie vorzugsweise zumindest die gleiche Schichtdicke aufweisen wie die Elemente. Vorzugsweise sind diese Verbindungen als Metallflächen und insbesondere mit größerer Schichtdicke ausgebildet als die Interdigitalwandler.

Bei einem erfindungsgemäßen Bauelement kann im seriellen Zweig eine DMS Struktur angeordnet sein, die mit mindestens  
30 einem seriellen Interdigitalwandler akustisch gekoppelt ist.

Bei einem erfindungsgemäßen Bauelement können alle seriellen Interdigitalwandler in einer gemeinsamen seriellen Spur und alle parallelen Interdigitalwandler in einer gemeinsamen parallelen Spur angeordnet sein. Dann kann in einfacher Weise  
35 die Apertur der parallelen Spur größer gewählt werden als die der seriellen Spur. Vorzugsweise beträgt die Apertur der se-

riellen Spur zumindest  $15\lambda$ , wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements ist.

Ein erfindungsgemäßer Interdigitalwandler kann als Normalfingerwandler mit alternierender Anschlußfolge der Elektrodenfinger ausgebildet sein. Möglich ist es jedoch auch, die Anschlußfolge der Elektrodenfinger, also die Folge, mit der die Elektrodenfinger mit den entsprechend gepolten Stromschienen verbunden werden, anders zu gestalten. Werden in einem Wandler Elektrodenfinger im Anschluß vertauscht, also mit der gegenüberliegenden Stromschiene verbunden, so spricht man von Weglaßwichtung. Nicht-alternierende Anschlußfolgen können auch durch rekursive Wandler realisiert sein. In solchen beispielsweise als SPUDT-Wandler ausgebildeten Wandlern können auch die Fingerbreiten unterschiedlich sein, um eine Reflektivität einzustellen, die mit der Phase der Anregung in vorteilhafter Weise zusammenwirkt.

Erfindungsgemäß können auch die Elektrodenfinger der Interdigitalwandler unterschiedlich lang gewählt werden. In einem solchen Fall erhält man eine variierende Überlappung unterschiedlich gepolter Elektrodenfinger, eine Überlappwichtung. Da die jeweilige Überlappung entgegengesetzt gepolter Elektrodenfinger ein Maß für die Anregung akustischer Wellen durch das zwischen den beiden Fingern anliegende Feld ist, kann mit einer solchen Überlappwichtung die Anregung über den Wandler verteilt werden. Dies ist auch mit einer Weglaßwichtung möglich. Weitere Variationsmöglichkeiten der Interdigitalwandler ergeben sich auch durch Positionswichtung, also durch Verschieben von Elektrodenfingern oder Elektrodenfingergruppen, die dann nicht mehr streng an dem durch die Fingerperiode vorgegebenen Raster ausgerichtet sind und dadurch sowohl in der Reflexionswirkung als auch in der Anregungsstärke variiert werden.

35

Ein erfindungsgemäßes Bauelement mit Reaktanzfilterstruktur kann mit allen oberflächennahen akustischen Wellen arbeiten.

Welcher Typ von akustischer Welle bevorzugt angeregt wird, ist insbesondere von Material und Schnittwinkel des gewählten piezoelektrischen Substrats abhängig, welches auch einen piezoelektrischen Film, der auf einem geeigneten Trägersubstrat  
5 aufgebracht ist, umfassen kann.

Das piezoelektrische Substrat kann eines der Materialien Li-TaO<sub>3</sub>, LiNbO<sub>3</sub>, Quarz, Langasit (LGS), Langatit (LGT), GaBO<sub>4</sub>, Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, Langanit (LGN), KNbO<sub>3</sub> oder GaAs umfassen.

10

Ist das Substrat ein piezoelektrischer Film auf einem Träger, so ist der piezoelektrische Film vorzugsweise aus einem der Materialien LiTaO<sub>3</sub>, LiNbO<sub>3</sub>, AlN, ZnO oder GaAs ausgebildet.

15 Der Wellentyp kann auch von der Betriebsfrequenz des Bauelements abhängig sein. Als oberflächennahe akustische Wellen sind insbesondere die genannten akustischen Oberflächenwellen (SAW), Rayleigh-Wellen, Scherwellen, Leckwellen, BGS-Wellen (Bleustein Gulyaev Shimizu Wellen) oder HVP-SAW (high veloci-  
20 ty pseudo surface acoustic waves) geeignet. Für alle diese Wellentypen sind prinzipiell die gleichen Elektrodenstrukturen bzw. anregenden Interdigitalwandler geeignet.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen siebzehn Figuren näher erläutert. Diese zeigen erfindungsgemäße Bauelemente in schematischer und nicht maßstabsgetreuer Darstellung sowie Ausschnitte aus erfindungsgemäßen Bauelementen. Gleiche oder einander entsprechende Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen be-  
30 zeichnet.

Figur 1A zeigt ein Bauelement mit akustisch gekoppelten seriellen Interdigitalwandlern,

35 Figur 1B zeigt die gemessene Übertragungsfunktion für das in Figur 1A dargestellte Filter

Figur 1C zeigt die simulierte Übertragungsfunktion für eine Variante des in Figur 1A dargestellten Filters

Figur 1D zeigt ein Bauelement mit akustisch gekoppelten parallelen Interdigitalwandlern

Figur 2A zeigt ein Bauelement mit zwei seriellen und akustisch gekoppelten parallelen Interdigitalwandlern,

Figur 2B zeigt die gemessene Übertragungsfunktion für das in Figur 2A dargestellte Filter

Figur 3 zeigt ein Bauelement, bei dem serielle und parallele Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sind,

Figur 4 zeigt ein Bauelement, bei dem im parallelen Zweig ein weiteres Element angeordnet ist,

Figur 5 zeigt ein Bauelement, bei dem im seriellen Arm ein weiteres Element angeordnet ist,

Figur 6 zeigt ein Bauelement mit einem DMS-Filter, dessen Wandler die parallelen Interdigitalwandler des Bauelements darstellen,

Figur 7 zeigt ein Bauelement mit zweimal zwei akustisch gekoppelten seriellen Interdigitalwandlern und zwei akustisch gekoppelten parallelen Interdigitalwandlern,

Figur 8 zeigt ein Bauelement mit vier akustisch gekoppelten parallelen Interdigitalwandlern,

Figur 9 und Figur 10 zeigen weitere Ausführungsbeispiele,

Figur 11 zeigt verschiedene Möglichkeiten für die Elektrodenstruktur zweier akustisch gekoppelter Interdigitalwandler,

Figur 12 zeigt verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung eines Zwischenreflektors zwischen zwei akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern,

- 5 Figur 13A zeigt ein Bauelement mit zwei akustisch gekoppelten seriellen Interdigitalwandlern und zwei akustisch getrennten parallelen Interdigitalwandlern,

10 Figur 13B zeigt die gemessene Übertragungsfunktion für das in Figur 13A dargestellte Filter,

Figur 14 zeigt eine allgemeine Struktur für weitere erfindungsgemäße Bauelemente mit akustisch gekoppelten seriellen und parallelen Interdigitalwandlern

15

Figuren 15 und 16 zeigen Bauelemente mit mehreren akustischen Spuren

20 Figur 17 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement mit zwei seriellen und einer parallelen Spur, die potentialfrei ist.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung ein einfaches Grundelement, in dem die Erfindung verwirklicht ist. Zwischen den als Ein- und Ausgang dienenden Anschlüssen T1 und T2 des Bauelements sind die beiden seriellen Interdigitalwandler IS1 und IS2 miteinander in Serie geschaltet. Jeder Interdigitalwandler besteht dabei aus je einer Stromschiene, an der kammartig Elektrodenfinger angeordnet sind. Je zwei solche kammartigen Elektroden sind so ineinandergeschoben, daß die Elektrodenfinger einander überlappen. Die im Ausführungsbeispiel nur schematisch angedeuteten Interdigitalwandler bestehen aus einer Anzahl von bis zu ca. 1000 Elektrodenfingern, die regelmäßig alternierend oder unregelmäßig angeordnet sein können, die ungewichtet oder gewichtet sein können, die einheitliche oder uneinheitliche Fingerbreiten und Fingerabstände aufweisen können, und die außerdem einheitlichen oder variierenden Elektrodenfingerabstand besitzen können.

30

35

Die beiden seriellen Interdigitalwandler IS1, IS2 sind innerhalb einer akustischen Spur angeordnet und durch einen Zwischenreflektor ZR getrennt. Dieser ist hier durch drei Reflektorstreifen ( $n = 3$ ) angedeutet, kann aber auch abweichend davon weniger oder mehr Reflektorstreifen aufweisen. Die Reflektorstreifen können unverbunden oder mittels zusätzlicher Verbindungsstrukturen kurzgeschlossen sein. Möglich ist es auch, den Zwischenreflektor mit Masse zu verbinden. Bei Verwendung eines Zwischenreflektors ist es von Vorteil, wenn die Anregung der beiden akustisch gekoppelten Interdigitalwandler in der Phase übereinstimmt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch die Serienverschaltung die Polarität der beiden dadurch verbundenen Stromschienen unterschiedlich ist. Bei geradzah-  
15 licher Anzahl  $n$  von Reflektorfingern, sind die beiden dem Zwischenreflektor benachbarten äußeren Elektrodenfinger auf der selben Seite angeschlossen. Bei ungeradzahliger Anzahl  $n$  von Reflektorfingern ist einer der beiden gekoppelten Interdigitalwandler gespiegelt. Beiderseits der akustischen Spur, die  
20 von den beiden seriellen Interdigitalwandlern IS und dem Zwischenreflektor ZR gebildet wird, ist jeweils ein Reflektor RS angeordnet, der jeweils wie der genauer dargestellte Zwischenreflektor ZR aus einer Anzahl zueinander paralleler Reflektorstreifen besteht. Hier ist jedoch die Anzahl an Reflektorstreifen deutlich höher gewählt, so daß eine nahezu vollständige Reflexion der akustischen Welle zurück in die akustische Spur erfolgen kann. Die Elemente des seriellen Arms sind hier in einer akustischen Spur angeordnet. Parallel zu den beiden seriellen Interdigitalwandlern ist ein paralleler  
30 Zweig gegen Masse geschaltet, in den ein paralleler Interdigitalwandler IP eingebunden ist. Dieser ist in einer zweiten akustischen Spur angeordnet, die ebenfalls beiderseits von Reflektoren RP begrenzt ist. Die zweite akustische Spur mit dem parallelen Interdigitalwandler entspricht einem  
35 Eintorresonator. Die Aperturen der seriellen und der parallelen Interdigitalwandler können gleich oder verschieden sein.

Wird in diesem Ausführungsbeispiel die Zahl der Reflektorstreifen des Zwischenreflektors ZR auf Null gesetzt ( $n = 0$ ), so erhält man den Extremfall von maximaler Kopplung zwischen den seriellen Interdigitalwandlern. Sowohl mit als auch ohne  
5 Zwischenreflektor ZR besteht als weitere Variationsmöglichkeit, den Abstand der seriellen Interdigitalwandler zu verändern, so daß die Elektrodenfinger der beiden Interdigitalwandler nicht auf demselben Raster liegen, sondern gegeneinander um einen von  $\lambda/2$  abweichenden Betrag gegeneinander ver-  
10 schoben sind.

Figur 1B zeigt die am Bauelement von Figur 1A (ohne Zwischenreflektor) gemessene Übertragungskurve ( $S_{21}$ ) im Vergleich zu der punktiert dargestellten  $S_{21}$  Funktion eines entsprechenden  
15 Reaktanzfilters mit derselben Struktur, allerdings ohne akustische Verkopplung zwischen zwei Interdigitalwandlern. Gut zu erkennen ist, daß ein Durchlaßbereich mit niedriger Einfügedämpfung und einer verbesserten rechten Flanke erhalten wird. Auch die Nahselektion oberhalb des Durchlaßbereiches  
20 ist verbessert.

Zur Verbesserung des Selektionsverhaltens eines solchen Bauelements werden zwei wie in Figur 1A dargestellte Grundglieder ohne Zwischenreflektor ZR durch Verbinden der entsprechenden Anschlüsse T elektrisch in Serie geschaltet. Figur 1C zeigt das aus einer Simulationsrechnung erhaltene Durchlaßverhalten eines solchen Bauelements (Filter). Klar zu erkennen ist, daß eine deutlich verbesserte Nahselektion durch die Kaskadierung zweier solcher Grundglieder erhalten wird.

30 Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist in Figur 1D dargestellt, wobei im Serienzweig im Gegensatz zu Figur 1A nur ein Resonator angeordnet ist.

35 Figur 2A zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes Grundelement, bestehend aus einem seriellen Zweig mit einem ersten und einem zweiten seriellen Interdigitalwandler IS1, IS2, die je-



weils zwischen zwei Reflektoren RSA, RSB angeordnet sind. Parallel zu den beiden seriellen Interdigitalwandlern ist je ein paralleler Interdigitalwandler geschaltet, so daß sich eine Anordnung mit zwei parallelen Wandlern IP1, IP2 ergibt. Diese sind durch einen Zwischenreflektor ZRP voneinander getrennt bzw. über diesen Zwischenreflektor akustisch gekoppelt. Auch hier gilt, daß die beiden akustisch gekoppelten parallelen Wandler bevorzugt phasengleich arbeiten. Dies wird anders als bei gekoppelten seriellen Wandlern bei sich ändernder Anschlußfolge der beiden äußeren Elektrodenfinger der gekoppelten Wandler mit einer geradzahligen Anzahl  $n$  von Reflektorstreifen erreicht, bzw. mit einem gespiegelten Wandler bei ungeradzahliger Anzahl  $n$ . Die akustische Spur mit den beiden parallelen Wandlern ist beiderseits von je einem Reflektor RP begrenzt. Eine maximale Kopplung zwischen den parallelen Interdigitalwandlern wird ohne Zwischenreflektor ZRP erhalten ( $n = 0$ ). Dies entspricht einem Zweitorresonator. Der serielle Zweig, der aus zwei seriell verschalteten Eintorresonatoren besteht, kann auch innerhalb einer akustischen Spur angeordnet werden, wobei auf einen der beiden die Resonatoren trennenden Reflektoren RSA, RSB verzichtet werden kann. Bei gleichbleibenden Eigenschaften wird so der Flächenbedarf des Bauelements verringert.

Figur 2B zeigt die Übertragungsfunktion für das in Figur 2A dargestellte Filter im Vergleich zu der gepunktet dargestellten Übertragungsfunktion eines entsprechenden Reaktanzfilters mit vier Resonatoren, das man durch Entkopplung der beiden Interdigitalwandler IP1 und IP2 erhält. Das erfindungsgemäße Bauelement zeigt verringerte Einfügedämpfung und erhöhte Bandbreite.

Figur 3 zeigt ein Grundelement für ein erfindungsgemäßes Bauelement, bei dem sowohl die seriellen Interdigitalwandler IS1, IS2 als auch die parallelen Interdigitalwandler IP1, IP2 jeweils akustisch miteinander gekoppelt sind. Die akustische Kopplung kann wie dargestellt über Zwischenreflektoren ZR er-

folgen. Möglich ist es auch, in einer oder beiden Spuren auf den oder die Zwischenreflektoren zu verzichten, so daß die entsprechende Spur in einen Zweitorresonator übergeht.

- 5    Figur 4 zeigt das in Figur 1A dargestellte Grundelement, das im parallelen Zweig durch Serienverschaltung mit einem weiteren Eintorresonator IP' erweitert ist.

- 10    Figur 5 zeigt das in Figur 1A dargestellte Grundelement, bei dem der serielle Zweig durch Serienverschaltung mit einem weiteren Eintorresonator mit dem Interdigitalwandler IS3 und dem Reflektor RS3 erweitert ist. Dieser kann wie dargestellt in der gleichen akustischen Spur oder in einer davon unterschiedlichen akustischen Spur angeordnet werden. In einer  
15    weiteren, nicht dargestellten Ausgestaltung kann auch hier auf den dazwischenliegenden Reflektor RS2 verzichtet werden, ebenso auf den Zwischenreflektor ZR. In dem Fall ergibt sich eine Anordnung mit drei akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern im seriellen Zweig. Der parallele Zweig besteht aus  
20    einem Eintorresonator, also einem Interdigitalwandler IP, der zwischen zwei Reflektoren RP angeordnet ist.

- Das in Figur 6 dargestellte Bauelement besteht im seriellen Zweig aus vier miteinander in Serie geschalteten seriellen Interdigitalwandlern IS1 bis IS4. Die beiden äußeren sind innerhalb von Eintorresonatoren angeordnet, während die beiden mittleren seriellen Interdigitalwandler IS2, IS3 akustisch miteinander gekoppelt sind. Dies kann wie dargestellt mit Zwischenreflektor ZR oder auch ohne erfolgen. Im letztgenannten Fall bilden die beiden mittleren Interdigitalwandler IS2, IS3 einen Zweitorresonator. Parallel zu den beiden mittleren seriellen Interdigitalwandlern sind die äußeren Interdigitalwandler einer DMS-Struktur geschaltet. Der mittlere der drei Interdigitalwandler der DMS-Struktur ist mit Masse verbunden.  
30    In einer vereinfachten Variation dieser Ausführung wird auf die beiden äußeren Interdigitalwandler IS1, IS4 verzichtet, so daß im seriellen Zweig nur der Zweitorresonator bzw. al-

ternativ wie dargestellt die beiden durch den Zwischenreflektor akustisch gekoppelten mittleren seriellen Interdigitalwandler IS2 und IS3 verbleiben.

5 Figur 7 zeigt eine Anordnung, bei der im seriellen Zweig  
zweimal zwei serielle Interdigitalwandler angeordnet sind,  
wobei je zwei akustisch miteinander gekoppelt sind, wobei die  
Kopplung mit und ohne Zwischenreflektor erfolgen kann und wo-  
bei die beiden Gruppen von je zwei akustisch gekoppelten se-  
10 riellen Interdigitalwandlern durch einen Reflektor RS2 von-  
einander getrennt sind. Jedes Paar akustisch gekoppelter se-  
rieller Interdigitalwandler ist Ausgangspunkt eines paralle-  
len Arms, in dem je ein paralleler Interdigitalwandler ange-  
ordnet ist. Die beiden parallelen Interdigitalwandler IP1,  
15 IP2 sind akustisch gekoppelt, wobei die Kopplung über einen  
variablen Zwischenreflektor ZR eingestellt werden kann.

Figur 8 zeigt eine Anordnung, bei der im parallelen Zweig P  
zwei Zweitorresonatoren akustisch miteinander gekoppelt sind.  
20 Die im Parallelzweig P aus insgesamt vier akustisch gekoppel-  
ten parallelen Interdigitalwandlern bestehende Anordnung  
weist im seriellen Zweig S zwei elektrisch miteinander in Se-  
rie geschaltete serielle Interdigitalwandler auf, die eben-  
falls akustisch miteinander gekoppelt sind. Die Anordnung  
wird in zwei akustischen Spuren verwirklicht, die jeweils  
durch zwei Reflektoren RS, RP begrenzt sind.

Figur 9 zeigt eine Anordnung, die durch leichte Variation aus  
der in Figur 7 dargestellten Anordnung erhalten werden kann.  
30 Im seriellen Zweig S sind vier akustisch miteinander gekop-  
pelte serielle Interdigitalwandler angeordnet, wobei ledig-  
lich in der Mitte ein akustisch durchlässiger Zwischenreflek-  
tor ZR zur Einstellung der akustischen Kopplung zwischen den  
beiden Paaren von seriellen Interdigitalwandlern angeordnet  
ist. Der parallele Zweig P besteht aus zwei akustisch gekop-  
35 pelten parallelen Interdigitalwandlern ohne dazwischenliegen-  
den Reflektor, die zusammen einen Zweitorresonator ergeben.

Figur 10 zeigt einen Viertorresonator im seriellen Zweig S, zu dem zwei parallele Zweige P mit jeweils einem parallelen Interdigitalwandler IP1, IP2 geschaltet sind, die jeweils  
5 Teil eines Eintorresonators sind. Alle seriellen Wandler IS sind hier ohne Zwischenreflektoren akustisch miteinander gekoppelt und daher in einer akustischen Spur angeordnet. Die parallelen Wandler können in der gleichen oder auch in unterschiedlichen akustischen Spuren angeordnet sein. Innerhalb  
10 einer Spur angeordnet genügt zwischen den beiden Wandlern der beiden parallelen Eintorresonatoren wie dargestellt ein einziger Reflektor.

Figur 13A zeigt ein Bauelement mit zwei akustisch gekoppelten seriellen Interdigitalwandlern ohne Zwischenreflektor und  
15 zwei akustisch getrennten parallelen Interdigitalwandlern. Figur 13B zeigt mit durchgezogener Linie die dazugehörige gemessene Übertragungsfunktion S21 im Vergleich zu der strichliert dargestellten Übertragungsfunktion S21 eines entsprechenden Reaktanzfilters mit vier Resonatoren, das man  
20 durch Entkopplung der beiden Interdigitalwandler IS1 und IS2 erhält. Es zeigt sich, daß Einfügedämpfung, Bandbreite und Welligkeit im Durchlaßbereich des erfindungsgemäßen Filters verbessert sind.

Figur 14 zeigt eine allgemeine Struktur für weitere mögliche erfindungsgemäße Bauelemente mit akustisch gekoppelten seriellen und parallelen Interdigitalwandlern ohne Zwischenreflektoren. In diesen Variationen können durch Einsparen von  
30 Reflektoren zum einen die Verluste, zum anderen die für das Filter erforderliche Chipfläche reduziert werden. Auch ist hier die Welligkeit verringert gegenüber Anordnungen mit dazwischen angeordneten Reflektoren. Bei der Anordnung ist es auch möglich, den ersten und/oder den letzten parallelen Interdigitalwandler wegzulassen, zusätzlich den ersten und/oder  
35 den letzten seriellen Interdigitalwandler.

Figuren 11A bis 11D geben verschiedene gleichwertige Möglichkeiten für die elektrische Serienverschaltung zweier Interdigitalwandler zu einem Zweitorresonator an. Figuren 11A und 11B unterscheiden sich nur in der Leiterbahn, die die beiden Wandler miteinander verbindet. Während in Figur A ein separater Verbindungsleiter VL zur Verschaltung der Wandler vorgesehen ist, ist in Figur 11B die untere Stromschiene SS verlängert und Teil beider akustisch gekoppelter Wandler. Der gleiche Unterschied besteht zwischen den Figuren 11C und D. Von den Figuren 11A und 11B unterscheiden sie sich in der Orientierung der Elektrodenfinger, die sich hier wie Bild und Spiegelbild im Vergleich zu den Figuren 11A und 11B verhalten. Generell ist es bei der Erfindung immer möglich, einzelne Interdigitalwandler durch Anwendung von Symmetrioperationen zu variieren. Diese Symmetrioperationen können Spiegelungen an horizontalen und vertikalen Spiegelachsen sein. Möglich ist es auch, einzelne Interdigitalwandler durch Drehungen um  $180^\circ$  in der Darstellungsebene zu verändern. Ebenso ist es möglich, innerhalb der Interdigitalwandler die Anzahl der Elektrodenfinger zu variieren, und einen Wandler sowohl durch gerade als auch durch ungerade Anzahl von Elektrodenfingern zu realisieren.

Figuren 12A und 12B stellen weitere grundsätzliche Möglichkeiten dar, zwei Interdigitalwandler so anzuordnen, daß sie akustisch miteinander koppeln. In beiden Fällen ist ein Zwischenreflektor ZR vorgesehen, der im Fall von Figur 12A aus elektrisch nicht miteinander verbundenen Reflektorstreifen besteht. In Figur 12B sind die Reflektorstreifen des Zwischenreflektors ZR2 elektrisch kurzgeschlossen. Wahlweise kann der Zwischenreflektor noch mit Masse oder einem der Wandlerkämme verbunden werden, was in der Figur durch die gestrichelte Linie der Masseverbindung angedeutet ist. Die in den Figuren 11 und 12 dargestellten verkoppelten Interdigitalwandler können beliebig variiert bzw. durch Serienverschaltung erweitert werden. Innerhalb einer Spur angeordnet können solche kombinierten Elemente durch Reflektoren oder

Zwischenreflektoren voneinander getrennt sein. Möglich ist es jedoch auch, bei Kombination zweier der in Figuren 11 und 12 dargestellten Elemente auf dazwischenliegende Reflektoren ganz zu verzichten.

5

Figur 15 zeigt eine 3-Spuranordnung, bestehend aus einer seriellen Spur S und zwei parallelen Spuren P1 und P2, deren Wandler zwischen zwei Reflektoren angeordnet sind.

10 In den Spuren S und P1 bzw. P2 können Fingerzahlen, Metallisierungsverhältnisse, Fingerperioden und Aperturen unterschiedlich oder gleich sein. Die Interdigitalwandler der Spuren P1 bzw. P2 können einzeln (wie in der Figur dargestellt) oder auch gemeinsam über weitere diskrete elektrische Elemente E mit Masse verbunden werden. Speziell sind diese Elemente E elektrisch Leitungen, insbesondere Induktivitäten, wie sie beispielsweise in Banddrähten realisiert sein können, oder andere konzentrierte Elemente.

20 Figur 16 ist gegenüber Figur 15 auf 4 Spuren erweitert, wobei hier ein weiterer Serienzweig S2 vorhanden ist. Die Serienzweige S1 und S2 können miteinander verbunden sein, wie es in der Figur bereits angedeutet ist.

Figur 17 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement mit zwei seriellen Spuren S1 und S2 und einer parallelen Spur P, die gegen ein floatendes "Bezugspotential" geschaltet und damit potentialfrei ist. Die parallelen Interdigitalwandler sind dabei galvanisch nicht mit einem äußeren Bezugspotential verbunden. Mit einer solchen oder ähnlichen Ausführungsform der Erfindung läßt sich ein Filter realisieren, das balanced- balanced betrieben werden kann, also mit jeweils symmetrischem Eingang In1, In2 und Ausgang Out1, Out2.

35 Der Übersichtlichkeit halber wurde die Erfindung nur anhand weniger Ausführungsbeispiele beschrieben, ist aber nicht auf diese beschränkt. Wie bereits erwähnt, können die dargestell-

ten Filterstrukturen untereinander kombiniert werden oder durch Verschaltung mit beliebigen weiteren diskreten Elementen erweitert werden. Vorteilhaft werden dabei symmetrische Anordnungen bevorzugt, doch können Kombinationen auch unsymmetrisch erfolgen, wie das beispielsweise in Figur 5 realisiert ist. Die dargestellten Strukturen können auf unterschiedlichen Substraten wie z.B. Quarz, Lithiumniobat oder Lithiumtantalat realisiert werden, das in Abhängigkeit vom gewählten Kristallschnitt mit unterschiedlichen oberflächen-

5 nahen akustischen Wellen arbeiten kann.

10

## Patentansprüche

1. Mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit den Merkmalen

- 5 - auf einer Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats sind zumindest drei zwischen Reflektoren (RS,RP) angeordnete und elektrisch miteinander verschaltete Interdigitalwandler (IS,IP) vorgesehen
- es ist zumindest ein, den Eingang und den Ausgang des Bauelements miteinander verbindender serieller Zweig  
10 mit zumindest einem seriellen Interdigitalwandler (IS1, IS2) vorgesehen
- zumindest ein paralleler Zweig, in dem ein paralleler Interdigitalwandler (IIP) angeordnet ist, ist parallel  
15 dazu gegen ein Bezugspotential geschaltet.
- zumindest zwei der Interdigitalwandler, entweder zwei parallele Interdigitalwandler (IP1, IP2) oder zwei serielle Interdigitalwandler (IS1, IS2) sind in-line innerhalb einer akustischen Spur angeordnet und akustisch  
20 miteinander gekoppelt.

2. Bauelement nach Anspruch 1,

bei dem die zwei akustisch gekoppelten Interdigitalwandler (IS1,IS2; IP1,IP2) durch einen akustisch durchlässigen Zwischenreflektor (ZR) voneinander getrennt sind, der eine Anzahl von n Reflektorstreifen aufweist, wobei n eine positive natürliche Zahl ist mit  $1 \leq n \leq 100$ .

3. Bauelement nach Anspruch 1,

- 30 bei dem die akustisch miteinander gekoppelten Interdigitalwandler (IS1,IS2; IP1,IP2) unmittelbar nebeneinander angeordnet sind.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

- 35 - bei dem zumindest zwei serielle Interdigitalwandler (IS1,IS2) vorgesehen und akustisch miteinander gekoppelt sind



- bei dem zumindest zwei parallele Zweige mit je einem parallelen Interdigitalwandler (IP1,IP2) vorgesehen sind, wobei die beiden parallelen Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sind.

5

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem zumindest drei serielle Interdigitalwandler (IS) vorgesehen sind, die zwischen einem Eingang und einem Ausgang in Serie geschaltet sein, von denen zumindest jeweils zwei akustisch gekoppelt und über einen parallelen Zweig mit einem parallelen Interdigitalwandler (IP) darin mit dem Bezugspotential verbunden sind.

10

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem zwei parallele Interdigitalwandler (IP) vorgesehen sind, die Teil eines DMS Filters sind.

15

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem im seriellen Zweig eine DMS Struktur angeordnet ist, die mit mindestens einem seriellen Interdigitalwandler (IS) akustisch gekoppelt ist.

20

8. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem alle seriellen Interdigitalwandler (IS) in einer gemeinsamen seriellen Spur (S) und alle parallelen Interdigitalwandler (IP) in einer gemeinsamen parallelen Spur (P) angeordnet sind.

9. Bauelement nach Anspruch 8, bei dem die Apertur der parallelen Spur (P) größer ist als die der seriellen Spur (S).

30

10. Bauelement nach Anspruch 9, bei dem die Apertur der seriellen Spur (S) zumindest  $15\lambda$  groß ist, wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements ist.

35

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
bei dem die zwei akustisch miteinander gekoppelten Interdigitalwandler die gleiche Fingerperiode aufweisen, aber gegeneinander um einen Betrag  $\Delta x$  gegeneinander verschoben sind,  
5 mit  $-0,25 < \Delta x/\lambda < 0,25$ , wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements ist.

12. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
bei dem die Fingerperiode der parallelen Interdigitalwandler  
10 (IP) größer ist, als die der seriellen Interdigitalwandler (IS).

13. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem seriell zu den seriellen Interdigitalwandlern (IS)  
15 weitere Elemente geschaltet sind, ausgewählt aus Eintorresonatoren und DMS Spuren.

14. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
bei dem seriell zu den parallelen Interdigitalwandlern (IP)  
20 weitere Elemente geschaltet sind, ausgewählt aus Eintorresonatoren und DMS Spuren.

15. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
bei dem zumindest ein Teil der elektrischen Verbindungen zwischen den Interdigitalwandlern (IS, IP) oder zwischen den Interdigitalwandlern und Ein- oder Ausgang oder zwischen den Interdigitalwandlern (IS, IP) und der elektrischen Masse als diskrete Elemente realisiert sind, ausgewählt aus Kondensatoren, Verzögerungsleitungen, Widerständen, Induktivitäten und  
30 Bonddrähten.

16. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
bei dem innerhalb eines Interdigitalwandlers (IP, IS) oder eines Reflektors (RS, RP) die Fingerperiode über die Länge des Interdigitalwandlers oder Reflektors gesehen variiert.  
35

17. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

bei dem innerhalb eines Interdigitalwandlers (IP,IS) oder eines Reflektors (RS,RP) das Metallisierungsverhältnis über die Länge des Interdigitalwandlers oder Reflektors gesehen variiert.

5

18.Bauelement nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei dem die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis oder Fingerperiode maximal  $\pm 3\%$  um einen mittleren Wert schwanken.

10

19.Bauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis oder Fingerperiode über die Länge des Interdigitalwandlers (IP,IS) oder eines Reflektors (RS,RP) gesehen den konkreten Werten einer periodisch abgetasteten stetigen Funktion entsprechen.

15

20.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem der Übergang zwischen jeweils zwei innerhalb einer akustischen Spur benachbarten Elemente, ausgewählt aus Interdigitalwandler und Reflektor, quasiperiodisch ist.

20

21.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem die Anschlußfolge der Elektrodenfinger an einem Interdigitalwandler (IP,IS) nicht regelmäßig alternierend ist und eine Weglasswichtung aufweist.

22.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die Position der transversalen Gaps in einem Typ von Interdigitalwandlern (IP,IS) über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert.

30

23.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche , bei dem die Größe der transversalen Gaps in einem Typ von Interdigitalwandlern (IP,IS) über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert.

35

24. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
bei dem für die Höhe  $g$  der transversalen Gaps gilt:  $g \leq \lambda/4$ .

25. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18,  
5 bei dem die Interdigitalwandler (IP, IS) jeweils Resonatoren  
angehören, die jeweils eine Resonanzfrequenz und eine Antire-  
sonanzfrequenz aufweisen, wobei die Resonanzfrequenz der se-  
riellen Interdigitalwandler (IS) im Bereich der Antiresonanz-  
frequenz der parallelen Interdigitalwandler (IP) oder wenig  
10 darüber liegt.

26. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
bei dem die seriellen Interdigitalwandler (IS) gegeneinander  
verstimmt sind.

15 27. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
bei dem innerhalb einer akustischen Spur alle Aperturen oder  
Überlappungen der Elektrodenfinger gleich sind.

20 28. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
bei dem die parallelen Interdigitalwandler (IP) gegeneinander  
verstimmt sind.

29. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
mit einem piezoelektrischen Substrat, das eine durch geeigne-  
ten Schnittwinkel an Kristallachsen ausgerichtete Oberfläche  
aufweist, die für niedrige Verluste bei Oberflächenwellen,  
Raleighwellen, Scherwellen, Leckwellen, BGS-Wellen oder  
HVPSAW bekannt ist.

30 30. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
bei dem das piezoelektrische Substrat eines der Materialien  
 $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ , Quarz, Langasit, Langat,  $\text{GaBO}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  
Langanit,  $\text{KNbO}_3$  oder GaAs umfaßt.

35 31. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,

bei dem das piezoelektrische Substrat einen piezoelektrischen Film umfaßt, der auf einem Trägersubstrat aufgebracht ist.

32.Bauelement nach Anspruch 25,

5 bei dem der piezoelektrischen Film  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{ZnO}$  oder  $\text{GaAs}$  umfaßt.

33.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,

10 bei dem die Interdigitalwandler (IP,IS), die Reflektoren (RS,RP) und die sie in der Verschaltung verbindenden leitfähigen Strukturen als metallische Strukturen ausgebildet sind und aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder Mehrschichtstrukturen bestehen, wobei die Einzelschichten der Mehrschichtstruktur eine oder mehrere Schichten aus Aluminium,  
15 einer Aluminiumlegierung oder weiteren Metallen wie Cu, Zr, Mg, Ti oder Sc umfassen.

34.Bauelement nach Anspruch 27,

20 bei dem die Schichtdicken  $h$  der metallischen Strukturen im Bereich von  $1\% < h/\lambda < 15\%$  ausgewählt sind.

35.Bauelement nach Anspruch 24,

bei dem über den metallischen Strukturen Passivierungsschichten vorgesehen sind.

36.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 25,

bei dem das Bezugspotential, gegen das der zumindest eine parallele Zweig geschaltet ist, ein frei floatendes inneres Bezugspotential ist.

## Zusammenfassung

### Multiport-Resonatorfilter

- 5 Es wird ein mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit mindestens drei Resonatoren, von denen mindestens zwei in-line angeordnet und akustisch gekoppelt sind. In der von der elektrischen Verschaltung her Reaktanz-
- 10 filtern ähnlichen Struktur ist mindestens ein Resonator in einem seriellen Zweig und mindestens ein Resonator in einem parallelen Zweig angeordnet.

Figur 1A, 1D

1/8

Fig 1A

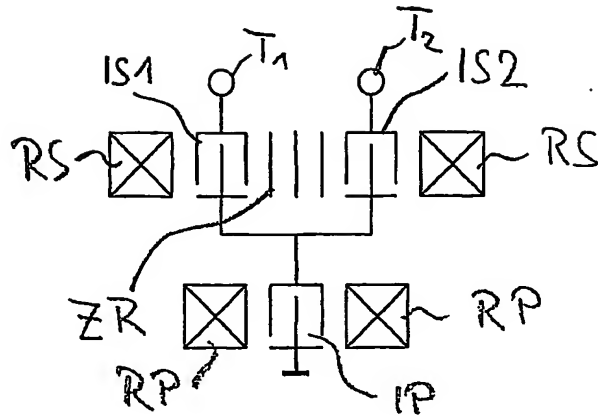


Fig 1D

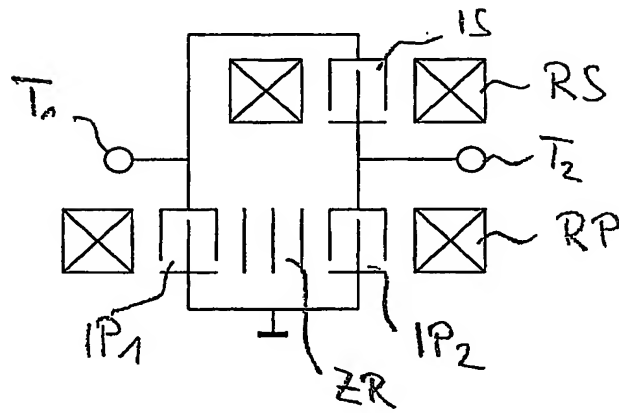


Fig 2A

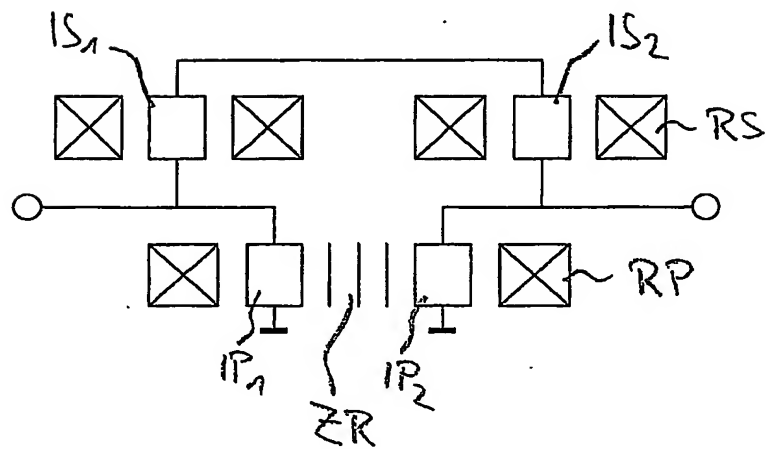
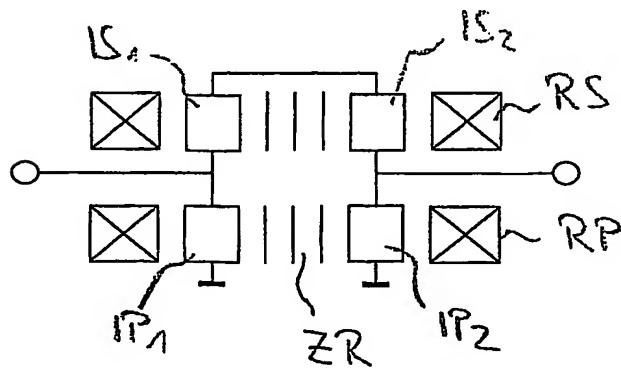


Fig 3



2/8

Fig 1B

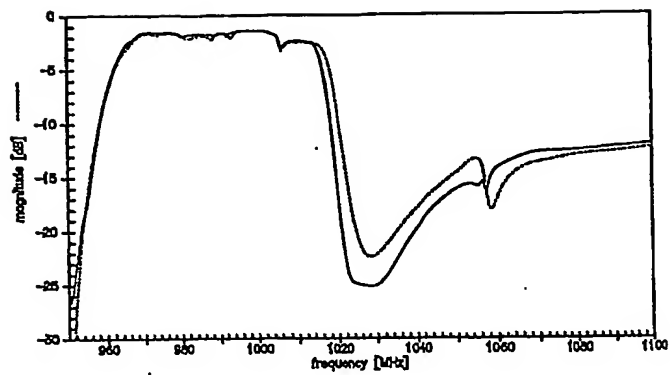


Fig 1C

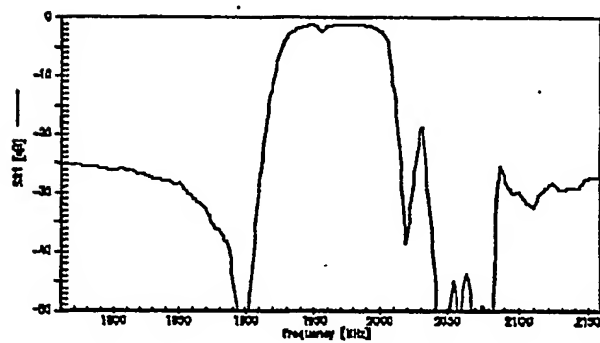
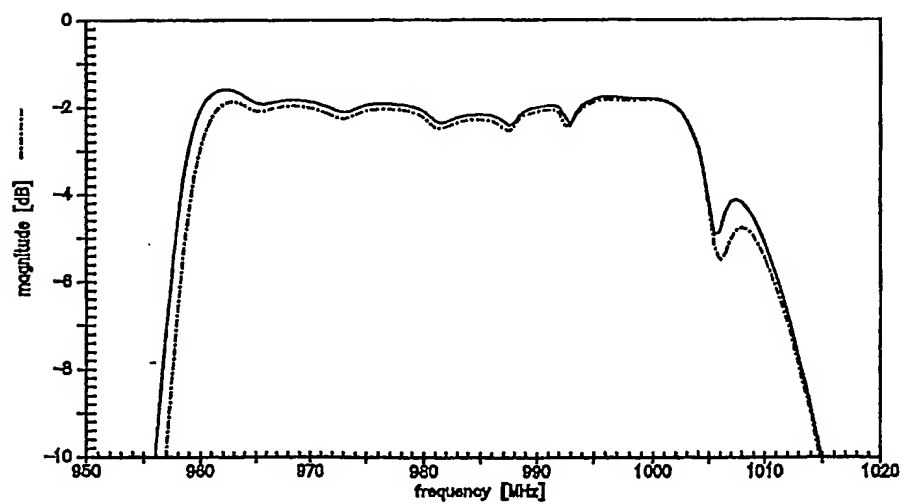


Fig 2B





3/8

Fig 4

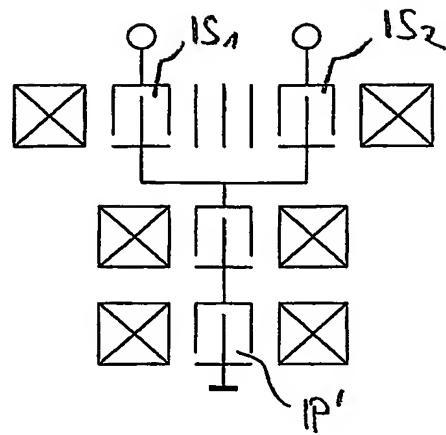


Fig 5

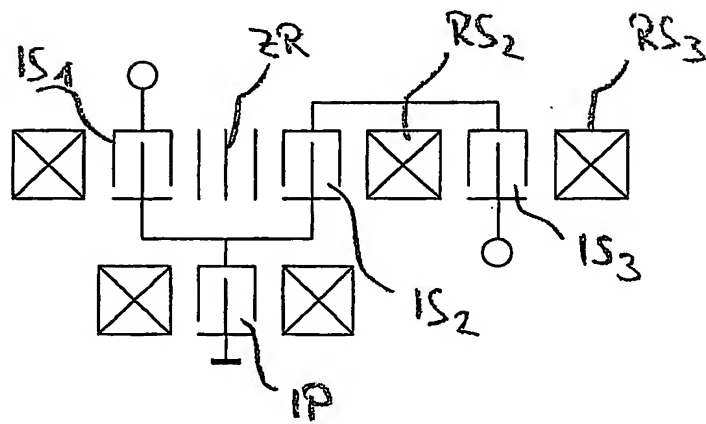
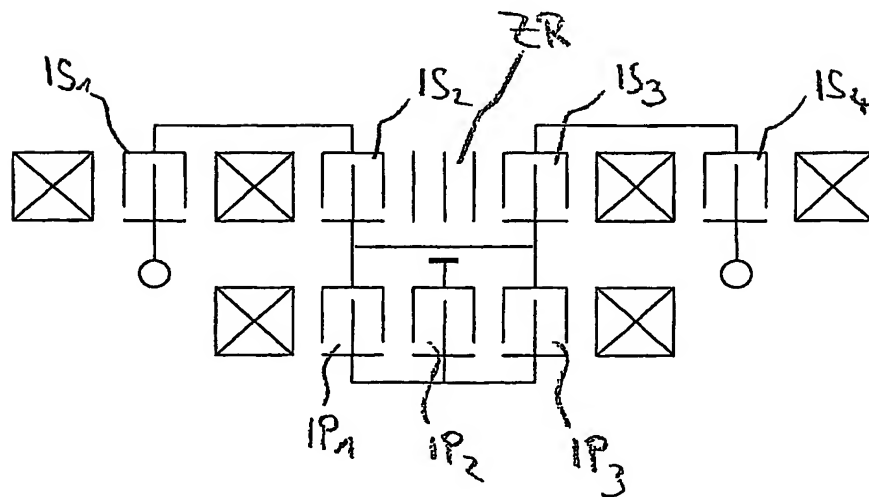


Fig 6



4/8

Fig 7

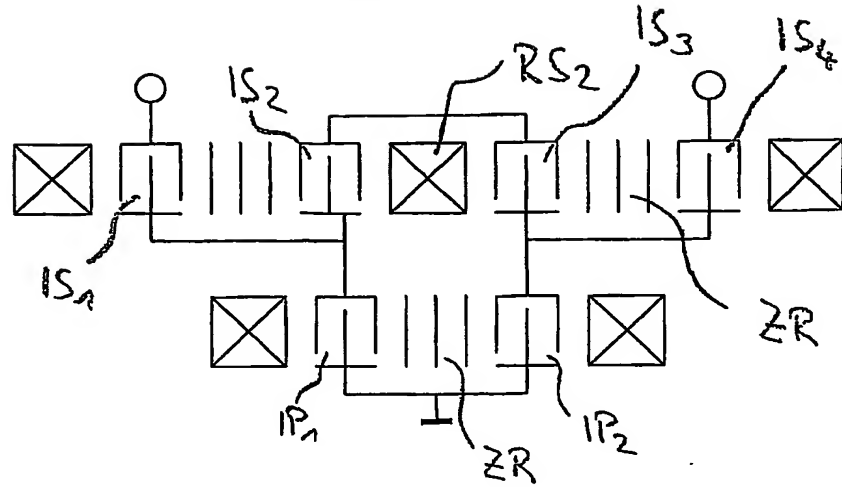


Fig 8

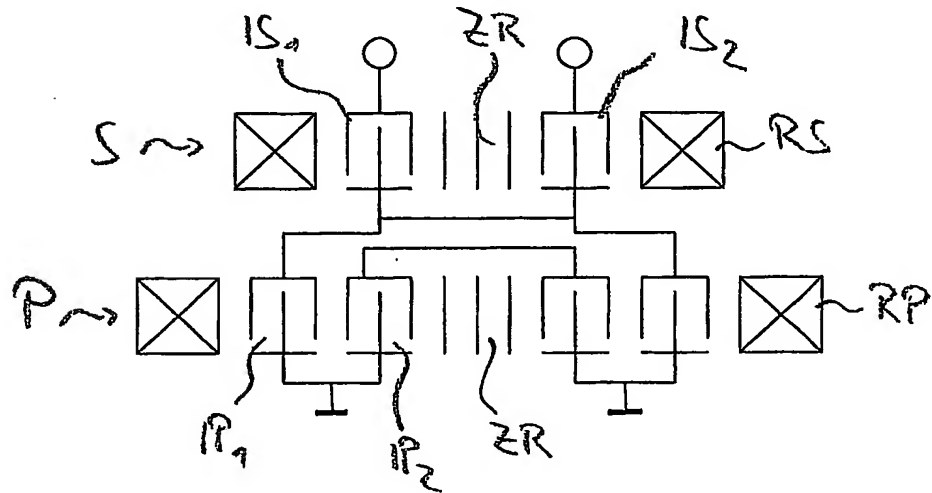


Fig 9

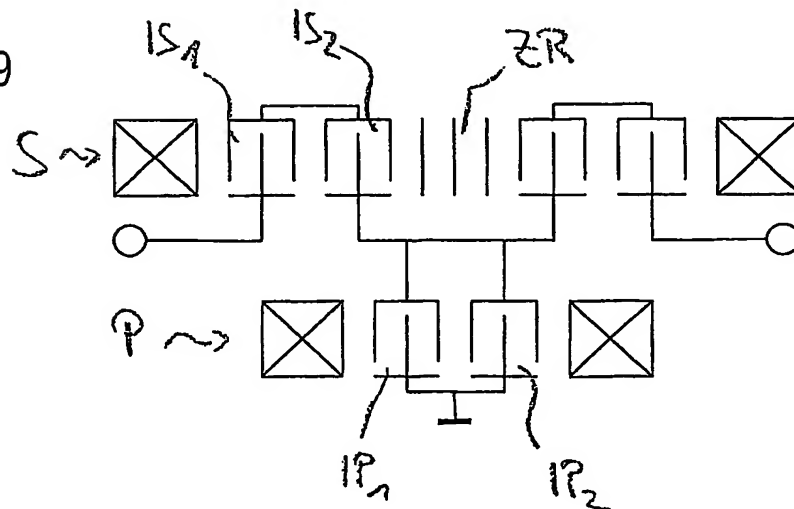


Fig 10

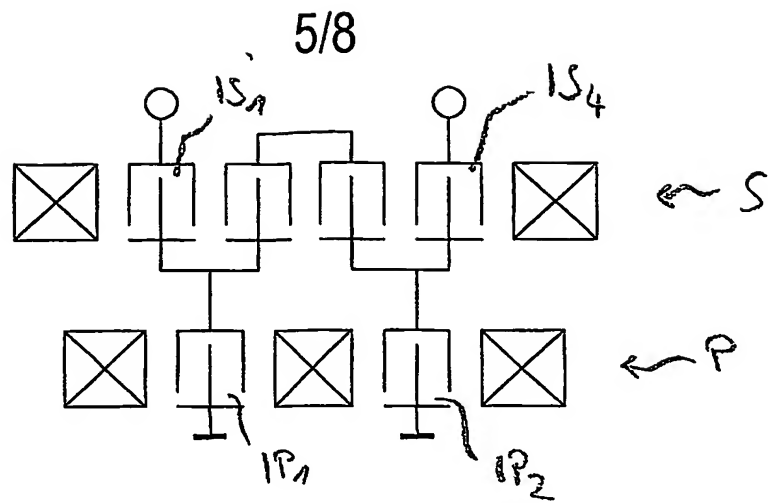


Fig 11 A

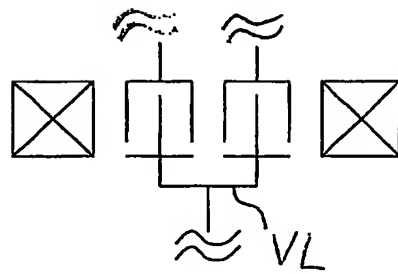


Fig 11 B

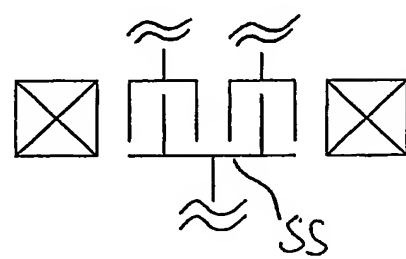


Fig 11 C

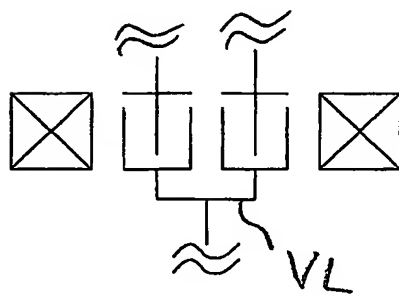


Fig 11 D

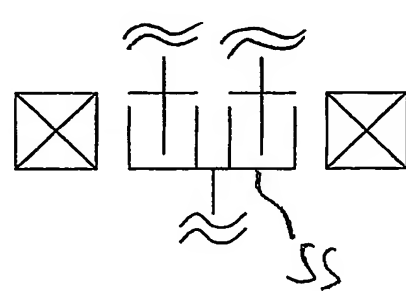


Fig 12 A

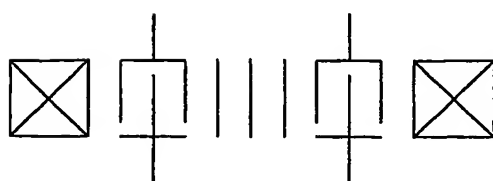
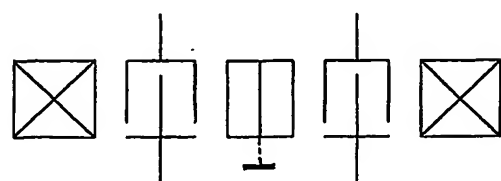


Fig 12 B



6/8

Fig 13A

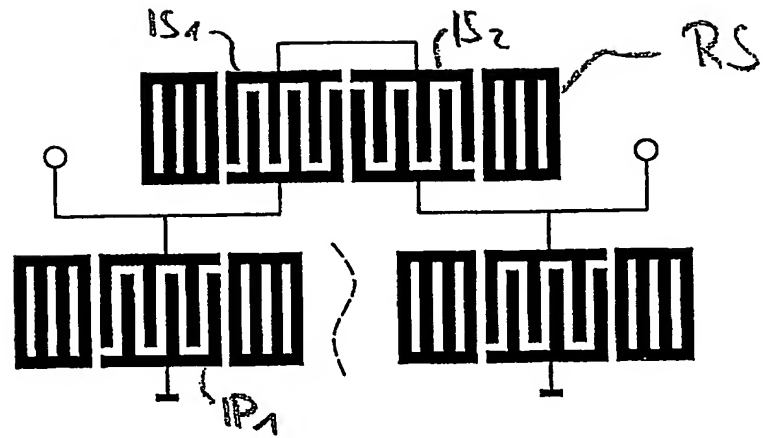


Fig 13B

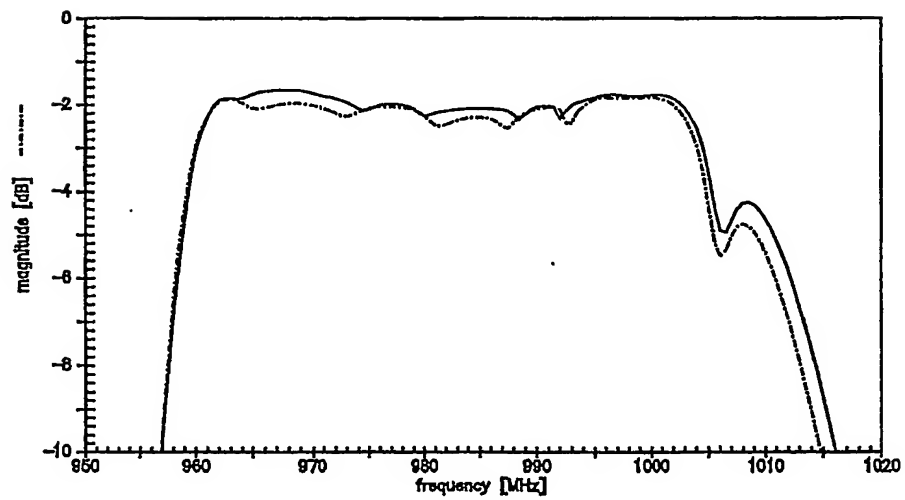


Fig 14

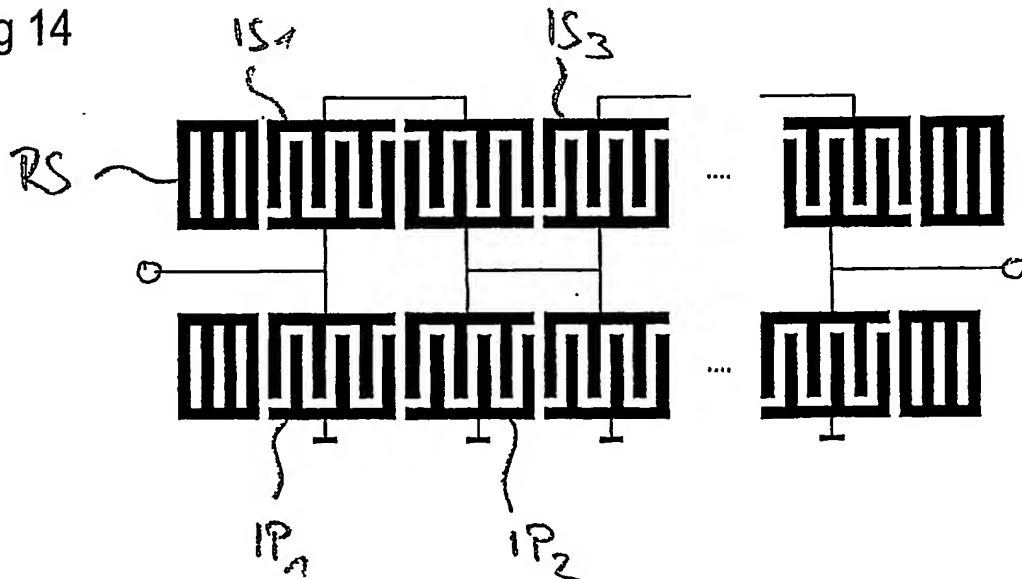


Fig 15

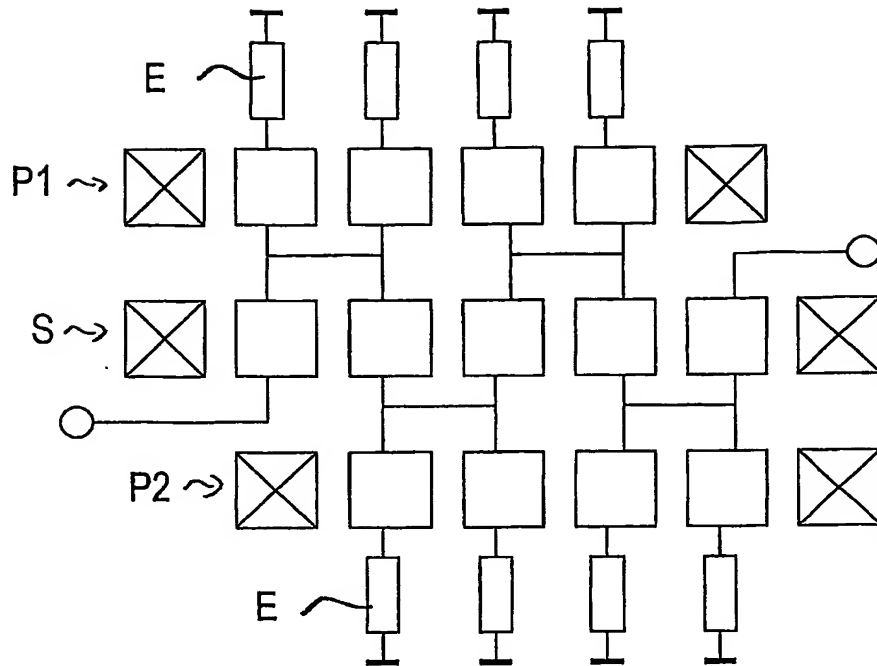


Fig 16

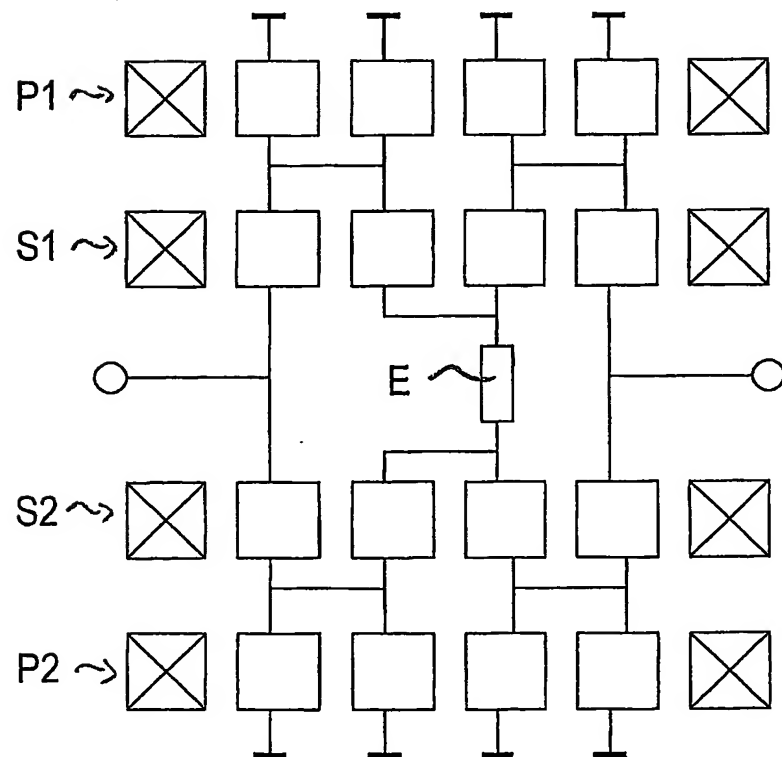
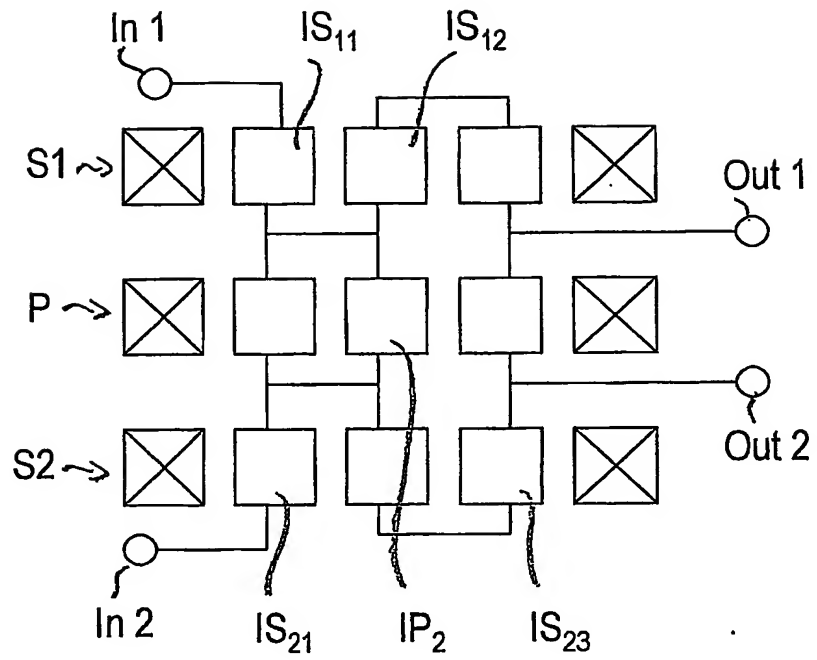


Fig 17



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**